

Arrangement for detecting torque acting on shaft

Patent Number: DE19817886
Publication date: 1999-10-28
Inventor(s): JOST FRANZ (DE); MARX KLAUS (DE)
Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT (DE)
Requested Patent: ☐ DE19817886
Application Number: DE19981017886 19980422
Priority Number(s): DE19981017886 19980422
IPC Classification: G01L3/10
EC Classification: G01L3/10E, G01L3/10A
Equivalents: ☐ WO9954697

Abstract

The arrangement has a transducer with two spaced marked parts (13,15) connected to the shaft (10), which move with respect to each other when there is torsion in the shaft. The parts influence a detector (17), whose output processed to form a rectangular wave signal. A device computes the torque by determining the change in the ratio of the high or low pulse length to the overall pulse length, i.e. the duty cycle, compared to that of the unloaded shaft.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

BEST AVAILABLE COPY



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Off nlegungsschrift**
⑩ **DE 198 17 886 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶
G 01 L 3/10

⑰ Aktenzeichen: 198 17 886.7
⑱ Anmeldetag: 22. 4. 98
⑲ Offenlegungstag: 28. 10. 99

DE 198 17 886 A 1

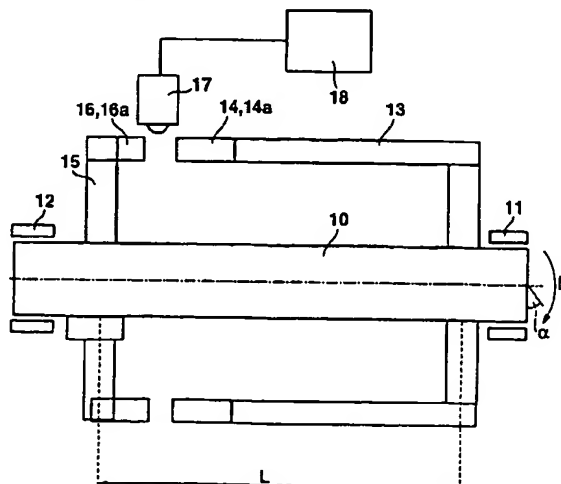
⑦ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦ Erfinder:
Marx, Klaus, Dr., 70563 Stuttgart, DE; Jost, Franz,
Dr., 70565 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ **Vorrichtung zur Erfassung des auf eine Welle wirkenden Drehmoments**

⑤⑦ Es wird eine Vorrichtung zur Erfassung des auf eine drehbare Welle wirkenden Drehmoments angegeben, bei der mit Hilfe eines einzigen Sensors zwei mit der Welle verbundene Teile abgetastet werden, die im Abstand (L) voneinander mit der Welle befestigt sind und so ausgestaltet sind, daß die an ihrer Oberfläche befindlichen Winkelmarken mit Hilfe des einzigen Sensors abtastbar sind. Aus dem vom Sensor gelieferten Ausgangssignal wird ein Rechtecksignal bzw. ein Digitalsignal gebildet, dessen Verhältnis von Pulslänge High zur Gesamtpulslänge (Low + High) (also der sogenannte Duty-Cycle) verglichen wird mit dem Duty-Cycle bei unbelasteter Welle. Die Duty-Cycle-Änderung gegenüber der unbelasteten Welle ist proportional zum Drehmoment und wird zur Ermittlung des Drehmoments ausgewertet. Die Vorrichtung zur Messung des Drehmoments kann zusätzlich auch zur Drehzahlfassung verwendet werden.



DE 198 17 886 A 1

Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Erfassung des auf eine Welle wirkenden Drehmoments nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Stand der Technik

Für eine Vielzahl von Anwendungen ist es erforderlich, das auf eine antreibbare Welle ausgeübte Drehmoment zu erfassen. Eine Vorrichtung, mit der ein solches Drehmoment ermittelt werden kann, ist beispielsweise aus der DE OS 196 33 380 bekannt.

Bei dieser bekannten Vorrichtung zur Drehmomenterfassung ist ein erstes Rotationselement mit einer Eingangswelle verbunden und ein zweites Rotationselement mit einer Ausgangswelle. Die beiden Wellen sind über ein elastisches Element verbunden, das gemäß einem darauf wirkenden Drehmoment verformt wird. Durch diese Verformung werden die beiden Rotationselemente gegeneinander verdreht. Da beide Rotationselemente einander räumlich eng zugeordnet sind, können sie mit Hilfe eines einzigen Aufnehmers abgetastet werden, der ein rechteckförmiges Ausgangssignal liefert, das die Oberflächenstruktur der beiden Rotationselemente widerspiegelt. Durch Auswertung von zeitlichen Verschiebungen im Rechtecksignal bzw. durch Auswertung der Dreh-Phasen-Differenz des ersten und des zweiten Rotationselements wird das Drehmoment berechnet.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erfassung des auf eine Welle wirkenden Drehmoments mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß eine besonders genaue Ermittlung des Drehmoments möglich ist, die unempfindlich ist gegen Abstandsschwankungen und Temperaturänderungen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann in vorteilhafter Weise für Wellen mit unterschiedlichen Durchmessern eingesetzt werden. Die Baugröße der gesamten Vorrichtung kann klein gehalten werden, so daß ein Einbau sogar in einem Kugellager möglich ist. In vorteilhafter Weise ist die erfindungsgemäße Vorrichtung kraftfahrzeugtauglich. Besonders vorteilhaft ist, daß die Meßanordnung an jeder Stelle entlang der Welle angebracht werden kann, ohne daß die Welle beschichtet oder mit Folie beklebt werden muß.

Erzielt werden diese Vorteile durch Einsatz eines Gebers, der zwei mit der Welle verbindbare Teile umfaßt, die an ihrer Oberfläche eine wählbare Struktur aufweisen und sich unter Einfluß einer vom Drehmoment verursachten Torsion in der Welle relativ zueinander bewegen. Diese Teile sind einander so zugeordnet, daß sie mit Hilfe eines einzigen Aufnehmers abgetastet werden können. Dieser Aufnehmer liefert ein wahlweise digitales oder analoges Ausgangssignal das ebenfalls zu einem Rechtecksignal weiterverarbeitet wird. Die eigentliche Drehmomentbestimmung erfolgt, indem das Verhältnis (Duty-Cycle) von Pulslänge High zur Gesamtpulslänge (Low+High) oder von Pulslänge Low zur Gesamtpulslänge Low+High ermittelt wird und mit dem gleichen Verhältnis, das ohne einwirkendes Drehmoment ermittelt wird, verglichen wird. Aus diesem Vergleich läßt sich das wirkende Drehmoment bestimmen, da die Duty-Cycle-Änderung der belasteten Welle gegenüber dem Duty-Cycle der unbelasteten Welle proportional zum Drehmoment ist.

Weitere Vorteile der Erfindung werden durch die in den Unteransprüchen angeführten Merkmale erzielt.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Im einzelnen zeigt Fig. 1 die erfindungswesentlichen Bestandteile eines ersten Ausführungsbeispiels. In Fig. 2 sind Signalverläufe über dem Drehwinkel der Welle dargestellt und die Fig. 3 und 4 zeigen vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Geberanordnung.

Beschreibung

In Fig. 1 sind die erfindungswesentlichen Bestandteile eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung dargestellt. Im einzelnen ist mit 10 eine Welle bezeichnet, auf die ein Drehmoment M ausgeübt werden kann. Die Welle 10 ist beidseitig in Lagern 11 und 12 drehbar gelagert. Auf der Welle 10 sind zwei Teile 13 und 15 befestigt, wobei die Befestigungspunkte auf der Welle 10 einen Abstand L voneinander aufweisen. Das Teil 13 ist beispielsweise zylinderförmig und das Teil 15 als Scheibe ausgebildet. Auf beiden Teilen 13 und 15 befinden sich Bereiche 14 und 16, die beispielsweise als Winkelmarken 14a, 16a mit dazwischenliegenden Abständen ausgebildet sind. Die Winkelmarken 14a, 16a werden auch als Zähne und die Abstände als Lücken bezeichnet. Die Bereiche 14 und 16 sind einander räumlich nah zugeordnet, so daß sie mit Hilfe eines Aufnehmers 17 abgetastet werden können. Dem Aufnehmer 17 ist eine Auswerteeinrichtung 18 zugeordnet, in der das Ausgangssignal des Aufnehmers 17 aufbereitet und ausgewertet wird. Die Bestimmung des auf die Welle 10 wirkenden Drehmomentes M kann in dieser Auswerteeinrichtung 18 ablaufen oder in einem nachfolgenden, nicht dargestellten Mikrocomputer.

Die räumliche Zuordnung der Bereiche 14 und 16 mit den Winkelmarken 14a, 16a läßt sich am besten anhand der Fig. 3 erläutern. Fig. 3 zeigt zwei unterschiedliche Ausführungsformen der Teile 13 und 15 einschließlich der Bereiche 14 und 16 bzw. der Winkelmarken 14a und 16a. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Teile 13 und 15 gleich aufgebaut z. B. als zylindrisch ineinandergreifende Zahnkämme. Da die Teile 13 und 15 an verschiedenen Stellen der Welle 10 befestigt sind, übertragen die beiden Teile (Zahnkämme) die Winkelposition an verschiedenen Wellenabgriffen. Werden die Teile 13 und 15 so zusammengebaut, daß sich ohne Einwirkung eines Drehmomentes eine symmetrische Abfolge von Winkelmarken 14a, 16a mit gleichen Abständen zwischen den Winkelmarken einstellt, verschiebt sich diese symmetrische Einstellung sofern ein Drehmoment M wirkt und es ergibt sich beispielsweise die in Fig. 3a angegebene Lage, bei der beispielsweise das Teil 15 aufgrund der Torsion der Welle um einige Grad im Uhrzeigersinn bezogen auf das Teil 13 verschoben ist. Die Abstände zwischen den Winkelmarken 14a und 16a sind also veränderlich. Ein veränderliches Zahn-/Lücken-Verhältnis kann auch durch zwei gleichartige, geschlitzte Scheiben, die sich gegenüberstehen, dargestellt werden.

Die Messung des Drehmoments bei drehender Welle erfolgt nach folgendem Prinzip: der Aufnehmer 17 tastet die Bereiche 14 und 16 mit den Winkelmarken 14a und 16a ab, da der Aufnehmer 17 feststehend ist, ergibt sich bei Drehung der Welle ein Ausgangssignal des Sensors, das eine Pulsfolge darstellt, die die Form der Bereiche 14, 16 bzw. der Winkelmarken 14a, 16a abbildet. Der entsprechende Signalverlauf ist in Fig. 2 über dem Drehwinkel α aufgetragen. Das Ausgangssignal des Aufnehmers ist dabei mit S1 bezeichnet. Das aufbereitete Rechtecksignal ist als Signal S2

dargestellt. Das Rechtecksignal S2 wird aus dem Signal S1 gewonnen, indem das Signal S1 mit Schwellwerten SW1 und SW2 verglichen wird und die Umschaltung von High auf Low bzw. von Low auf High jeweils bei Erreichen des betreffenden Schwellwertes erfolgt. Die Umschaltbedingungen lassen sich der Fig. 2 entnehmen. Zusätzlich zu den beiden Signalverläufen S1 und S2 sind noch die Winkelmarken 14a, 16a, die hier als Winkelmarken W1, W2, W3, W4 bezeichnet werden, bzw. die Lücken L1, L2, L3, L4 eingetragen, die sich bei drehender Welle, also bei ausgeübtem Drehmoment ergeben. Weiterhin ist die entsprechende Lage der Winkelmarken bzw. Lücken ohne Drehmoment angegeben, wobei die Winkelmarken mit W10 bis W40 bezeichnet sind und die Lücken mit L10 bis L40.

Aus dem Rechtecksignal bzw. Digitalsignal S2 wird das Drehmoment ermittelt, indem die Auswertung der Pulslängen High zu Low durchgeführt wird. Im einzelnen wird der sogenannte Duty-Cycle ermittelt, der definiert ist, als Verhältnis von Pulslänge High zu Gesamtpulslänge Low+High. Es kann auch das Verhältnis von Pulslänge Low zu Gesamtpulslänge Low+High ausgewertet werden. Ist gewährleistet, daß ohne Drehmoment eine symmetrische Abfolge von Winkelmarken und Zwischenräumen erhalten wird, wird entsprechend ohne Drehmoment ein Duty-Cycle von 50% erhalten. Mit zunehmendem Drehmoment verändert sich jedoch der Abstand zwischen den Winkelmarken des einen oder anderen Teiles 13, 15, da sich die Teile 13, 15, die an unterschiedlichen Stellen der Welle 10, z. B. im Abstand L befestigt sind, relativ zueinander bewegen. Mit dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel bewegen sich die Winkelmarken W2 und W4 relativ zu den Winkelmarken W1 und W3. Dadurch werden die Lücken L1 und L3 kleiner, während die Lücken L2 und L4 größer werden. Die elektrische Pulssequenz H(1), L(1), H(2), L(2) und somit der Duty-Cycle ändert sich im selben Maße. Die Änderung des Duty-Cycle gegenüber dem Duty-Cycle der unbelasteten Welle ist proportional zu dem an der Welle herrschenden Drehmoment M.

Die Auswertung des Duty-Cycles $DC1 = H(1)/H(1)+L(1)$, $DC2$, $DC3$, ..., also des Verhältnisses Pulslänge High zur Gesamtpulslänge Low+High läßt sich nach verschiedenen Methoden realisieren. Beispielsweise können folgende Auswertungen erfolgen:
über den Mittelwert der Duty-Cycle $DC1$, $DC3$, $DC5$, ...
über den Mittelwert der Duty-Cycle $DC2$, $DC4$, $DC6$, ...
über den Mittelwert von $DC1$, $DC2$, $DC3$, $DC4$, wobei $DC2$ und $DC4$ die Duty-Cycle des invertierten Signales 2 sind über den Mittelwert $DC1$, $1-DC2$, $DC3$, $1-DC4$, ...
andere elektronische Algorithmen. Prinzipiell kann auch aus der Änderung eines einzigen Duty Cycles, z. B. $DC1$ unbelastet und $DC1$ mit Drehmoment, das Drehmoment bestimmt werden.

Neben den in den Fig. 1 sowie 3a und b dargestellten Ausführungsformen der Teile 13, 15, die zusammen mit den Winkelmarken und den Lücken als Geber bezeichnet werden können, kann auch eine Ausführungsform gemäß Fig. 4 realisiert sein. Bei dieser Ausführungsform stehen die beiden gleichartigen geschlitzten drehbaren Scheiben senkrecht zur Wellenachse, sie weisen unterschiedliche Durchmesser auf, so daß sich wiederum ein Zusammenspiel der Winkelmarken bzw. Zähne der einzelnen Scheiben einstellen läßt. Der Aufnehmer muß in diesem Fall seitlich angebracht werden. Er liefert bei Drehung der Scheiben ein Ausgangssignal mit veränderlichem High/Low-Verhältnis, das zur Drehmomentbestimmung ausgewertet wird.

Als Aufnehmer bzw. Sensoren können bevorzugt solche eingesetzt werden, die nach einem magnetischen Prinzip arbeiten. Solche Sensoren sind beispielsweise AMR-, Hall-

GMR oder Feldplattensensoren oder Sensoren mit einer magnetooptischen Schicht. Bei solchen Sensoren befindet sich ein Magnet ortsfest vor der drehenden Welle, die eine Geheranordnung (Teile 13, 15) gemäß den Fig. 1, 3 oder 4 aufweist. Die beiden Teile des Gebers bewegen sich unter Einfluß der Torsion dann relativ zueinander.

Grundsätzlich können auch Sensoren ohne Magnet eingesetzt werden. In diesem Fall könnten Anordnungen gemäß Fig. 3 eingesetzt werden, wobei magnetische Multipole und eine geschlitzte Scheibe verwendet werden müßten. Die magnetische Periodenlänge des Multipols und die mechanische Periode der Scheibe müssen in diesem Fall angepaßt sein. Mit entsprechender Anpassung können auch optische Sensoren eingesetzt werden.

Aus dem Ausgangssignal des Sensors kann auch die Drehzahl der Welle ermittelt werden, wobei zur Drehzahlbestimmung beispielsweise vorgebbare Flanken des Signales S2 ausgewertet werden und aus dem zeitlichen Abstand zwischen zwei solchen Flanken die Drehzahl bestimmt wird. Bei Kenntnis von Drehzahl und Drehmoment kann auch die auf die Welle übertragene Leistung bestimmt werden, womit mit Hilfe eines einzigen Sensors drei wesentliche Größen, nämlich Drehmoment, Drehzahl und übertragene Leistung bestimmbar sind.

Wird die erfindungsgemäße Vorrichtung bei einer Welle einer Brennkraftmaschine, beispielsweise der Kurbelwelle und/oder der Nockenwelle eingesetzt, lassen sich wesentliche Größen, die für die Regelung der Brennkraftmaschine benötigt werden, ermitteln.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erfassung des auf eine drehbare Welle wirkenden Drehmoments, mit einem Geber, der zwei mit der Welle in vorgebbarem Abstand verbindbare Teile umfaßt, die Markierungen aufweisen und sich unter Einfluß einer vom Drehmoment verursachten Torsion der Welle relativ zueinander bewegen, wobei die Anordnung der beiden Teile so ist, daß ein Aufnehmer durch beide Teile beeinflusst wird und ein entsprechendes Ausgangssignal liefert, das zu einem rechteckförmigen Signal aufbereitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Berechnung des Drehmoments durch Bestimmung der Änderung des Verhältnisses von Pulslänge High zu Gesamtpulslänge Low+High oder Pulslänge Low zur Gesamtpulslänge Low+High (Duty-Cycle) gegenüber der unbelasteten Welle vorhanden sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung des Duty-Cycles über eine Mittelwertbildung über vorgebbare Duty-Cycle erfolgt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Mittelwertbildung die Duty-Cycle: $DC1$, $DC3$, $DC5$, ... oder $DC2$, $DC4$, 13% , ... oder $DC1$, $DC2$ invertiert, $DC3$, $DC4$ invertiert, ... oder $DC1$, $1-DC2$, $DC3$, $1-DC4$, ... oder einen anderen elektronischen Algorithmus.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer ein magnetischer Sensor ist, der nach dem AMR-, Hall-, oder GMR-Prinzip arbeitet oder eine Feldplatte oder eine magnetooptische Schicht umfaßt und wenigstens einen Magneten aufweist, der beiden mit der Welle verbundenen Teilen zugeordnet ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Teile (13, 15) zwei ineinandergreifende zylindrische Zahn-

kämme sind, wobei die Anordnung der Teile auf der Welle so erfolgt, daß bei unbelasteter Welle das Verhältnis von Pulslänge High zur Gesamtpulslänge Low+High etwa 50% ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Teile (13. 15) geschlitzte Scheiben mit unterschiedlichen Durchmessern sind, die so angeordnet sind, daß sich die Winkelmarken so gegenüberstehen, daß jeweils eine Winkelmarke einer Scheibe in die Lücke der anderen Scheibe fällt.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

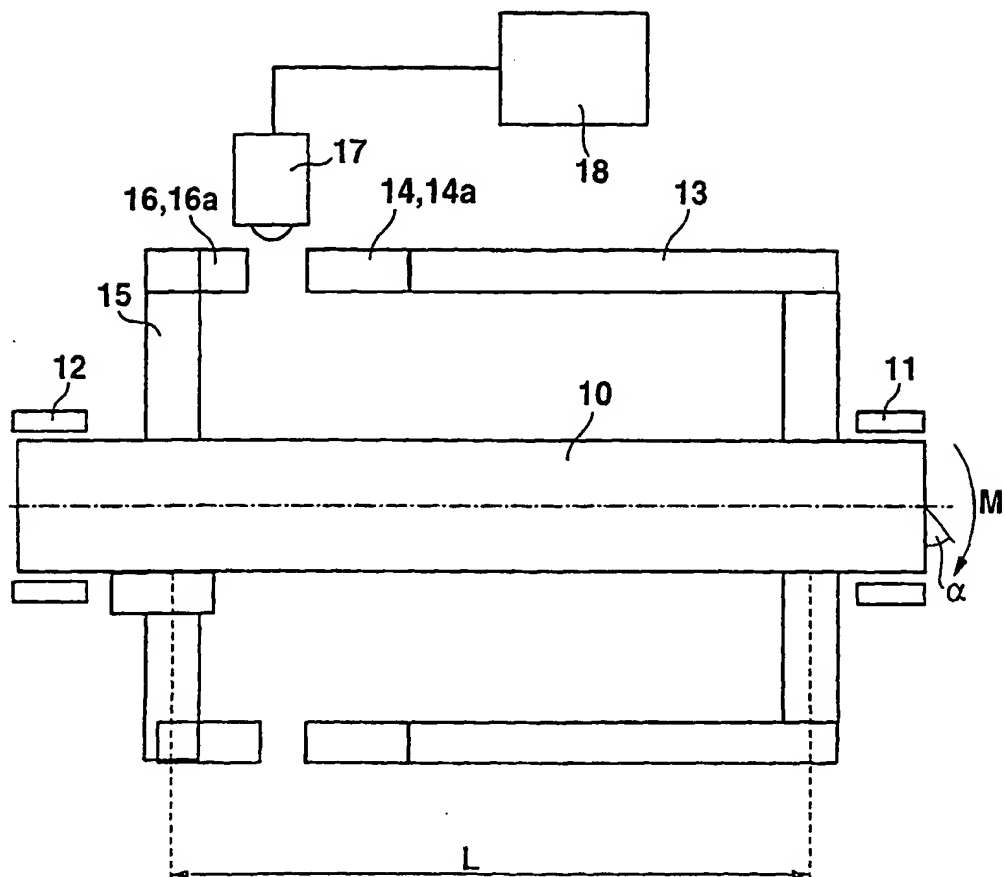


Fig. 2

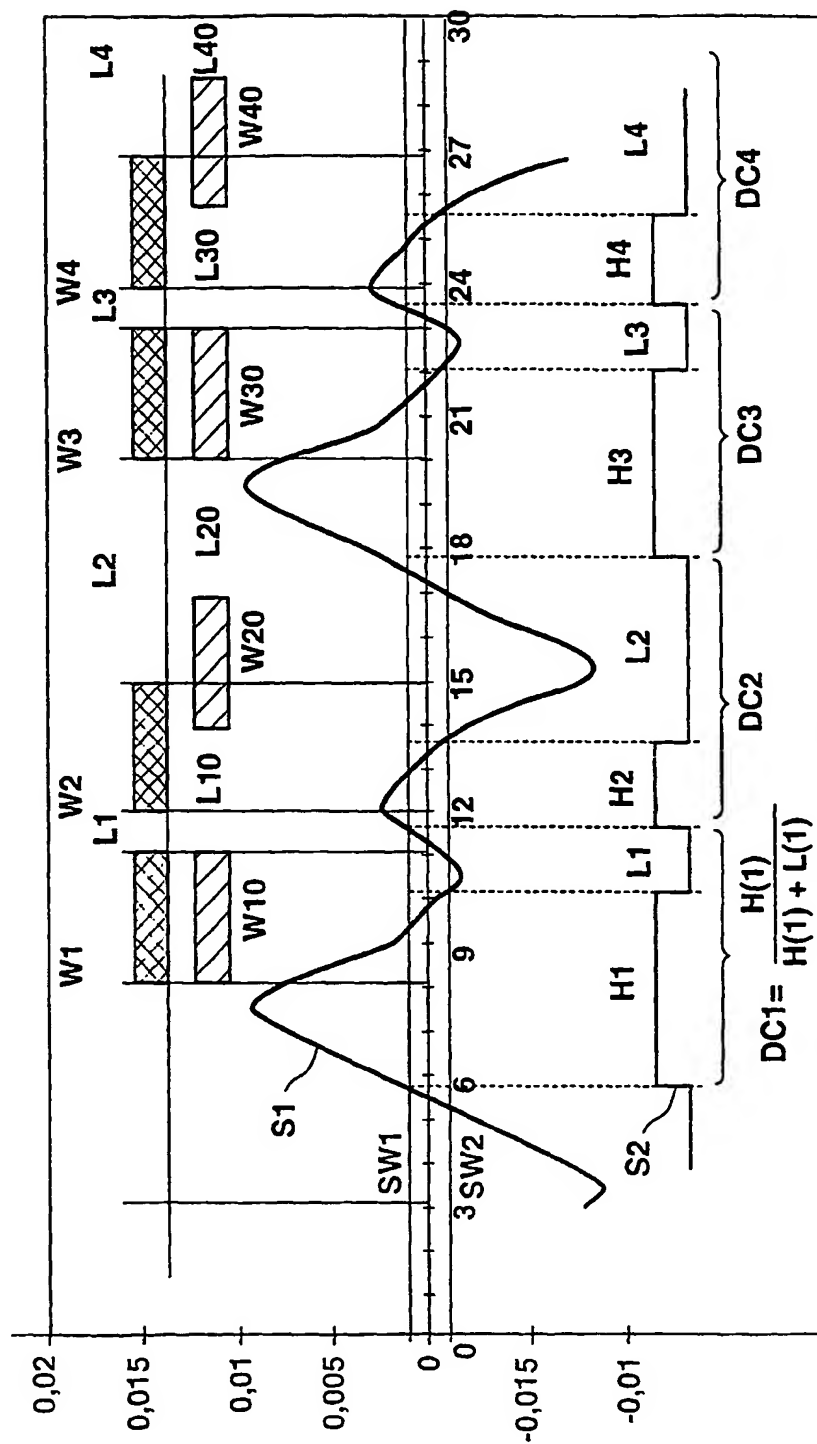


Fig. 3a

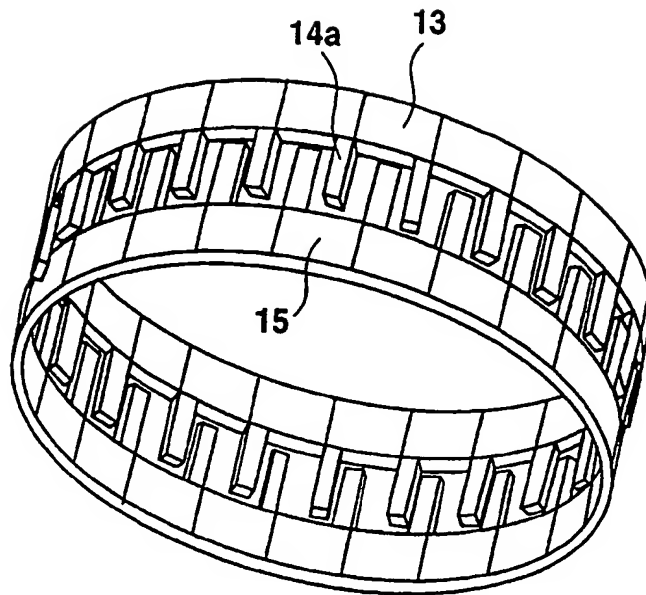


Fig. 3b

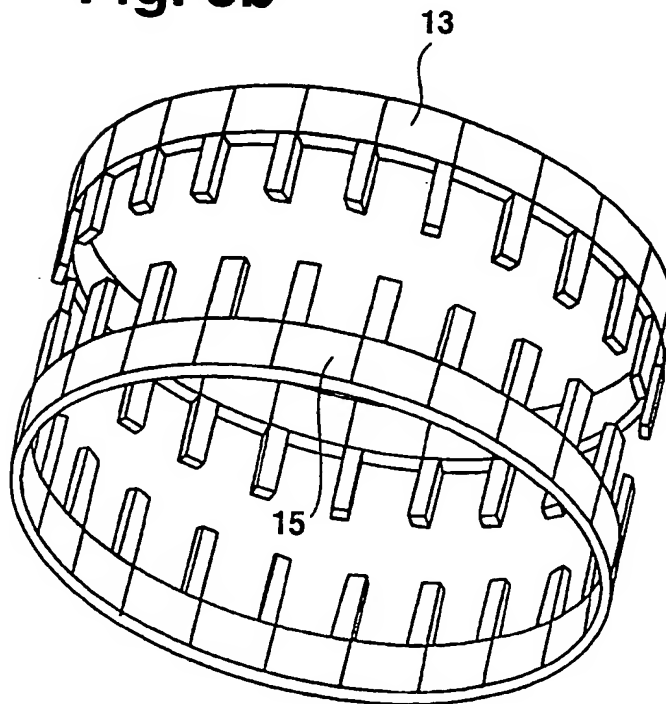
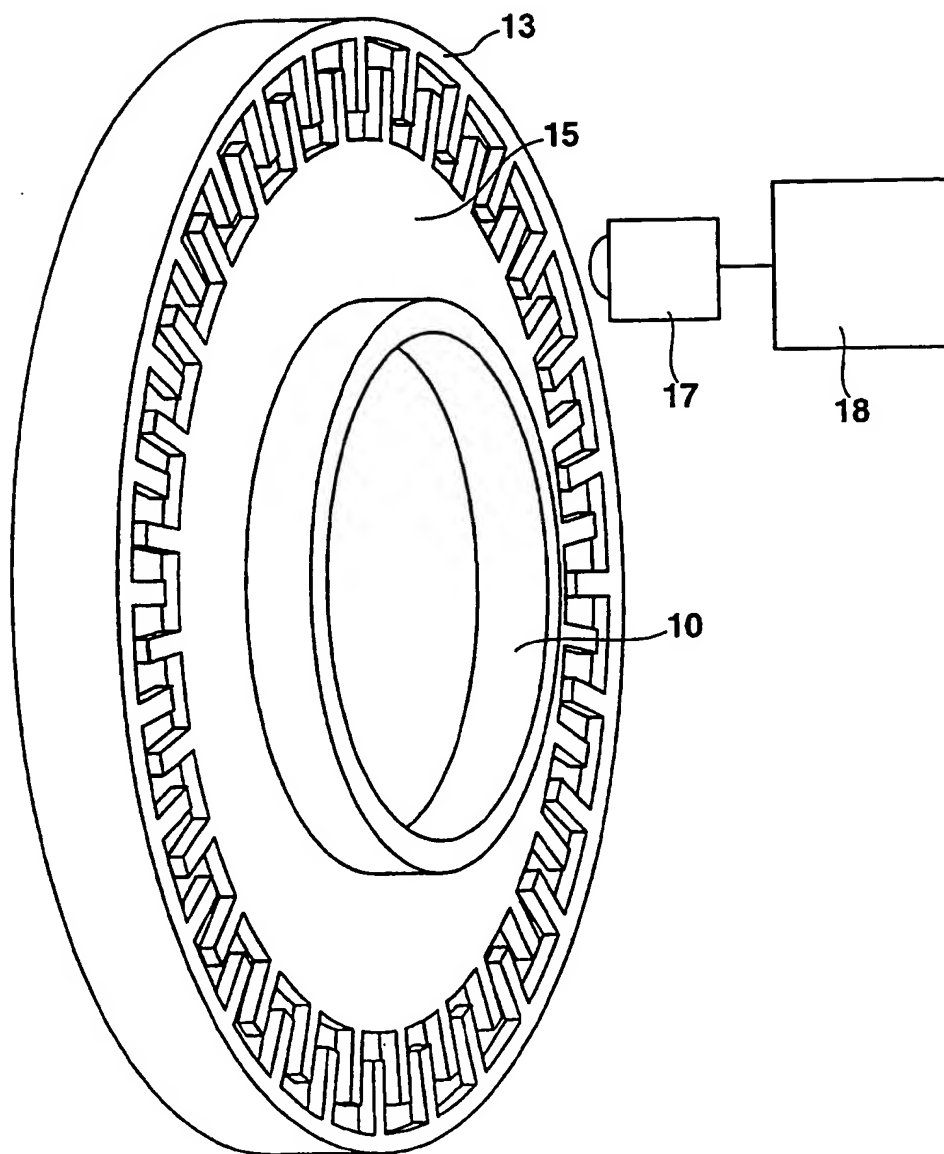




Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.